

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Савинова Константина Николаевича «Многочастотное излучение диодного лазера с внешним резонатором для возбуждения КПН резонансов в рубидии-87», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Актуальность темы исследования

В последние несколько десятилетий наблюдается стремительное развитие стандартов частоты и областей их применения. В настоящее время широкое распространение получили миниатюрные стандарты частоты на основе поверхностно-излучающих лазеров с вертикальным резонатором, чему посвящено множество современных публикаций. В представленной диссертации исследуются режимы генерации полупроводникового лазера с внешним резонатором. Узкая ширина линии подобных лазеров позволяет вести работы по созданию на их основе не только СВЧ, но и оптического стандарта частоты. Поэтому работы по исследованию спектральных характеристик полупроводниковых лазеров с внешним резонатором являются весьма актуальными для развития стандартов частоты.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Объем диссертационной работы – 115 страниц, в том числе рисунков – 56.

Автореферат диссертации написан и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и отражает основное содержание диссертационной работы.

Во **введении** содержатся сведения об актуальности темы, определены цели и задачи диссертационного исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, описана научная новизна и личный вклад автора диссертации.

В **первой главе** приводятся результаты исследования характеристик излучения используемого диодного лазера с внешним резонатором: ширина линии, пороговый ток инжекции, мощность. Приведены зависимости длины волны от тока инжекции и напряжения на пьезокерамике внешнего резонатора. На основании полученных данных сформулированы способы перестройки оптической частоты излучения.

Во **второй главе** приводятся результаты исследований спектра излучения при СВЧ модуляции тока инжекции. Приведены зависимости амплитуд спектральных компонент от

частоты СВЧ модуляции, имеющие явный осциллирующий характер. В соответствии с экспериментальными данными рассчитана длина внешнего резонатора лазера. В завершение главы приводятся результаты по регистрации резонансов КПН в поглощении при возбуждении СВЧ-модулированным излучением диодного лазера. При модуляции частотой $f_0/2$ в ячейке с рубидием-87 зарегистрирован резонанс КПН с шириной около 2,68 кГц.

В **третьей главе** описывается метод уменьшения световых сдвигов резонанса КПН при использовании многочастотного излучения. Для реализации многочастотного спектра предлагается использование частотной модуляции тока инжекции лазера ОВЧ частотами. Экспериментально исследованы методы управления спектром при ОВЧ модуляции и обнаружено, что генерация возникает на соседних от несущей модах внешнего резонатора.

В **четвертой главе** приводятся результаты исследования спектра диодного лазера при одновременной СВЧ и ОВЧ модуляции тока инжекции. Экспериментально обнаружена зависимость положения боковых полос от частоты СВЧ модуляции. Показано, что использование одновременно двух частот модуляции позволяет управлять соотношением амплитуд боковых полос в широком диапазоне значений. Представлены результаты регистрации резонансов КПН при совместном действии СВЧ и ОВЧ модуляции. Теоретически предсказана и экспериментально зарегистрирована серия резонансов КПН, разделенных на интервал, равный половине от частоты ОВЧ модуляции.

В **заключении** представлены основные результаты диссертационной работы.

Достоверность результатов обеспечивается применением современных теоретических представлений и методов обработки при анализе данных. Научные положения и выводы, сформулированные автором, являются обоснованными.

Основные положения диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях, в том числе индексируемых в международных реферативных базах, а также представлены на ряде международных конференций.

Практическая значимость диссертации

Результаты представленного диссертационного исследования имеют важное значение для снижения световых сдвигов резонансов когерентного пленения населенности и в последствии могут лечь в основу создания квантового стандарта частоты одновременно оптического и радиодиапазонов.

Полнота опубликования результатов работы

В опубликованных соискателем печатных работах в полной мере отражены основные положения и результаты диссертационного исследования.

По результатам диссертационного исследования автором опубликовано 24 печатные работы. Из них работ, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ) – 7, из них работ в научных журналах, индексируемых базами Scopus и Web of Science – 2, а также в материалах конференции, индексируемой базами Scopus и Web of Science – 6. Автором получен 1 патент Российской Федерации на изобретение.

Замечания по диссертационной работе

- 1) В главе 4 исследуются зависимости амплитуд огибающих спектра от параметров модуляции и приводится график изменения их соотношения (рисунок 51). Однако вклад в резонанс будут давать не огибающие, а отдельные пары ОВЧ компонент на боковых полосах, поведение которых не исследуется.
- 2) В работе говорится о регистрации наблюдаемых в поглощении резонансов, которые именуются «резонансами когерентного пленения населенности». Однако в литературе подобное явление обычно называется «электромагнитно-индуцированная прозрачность».
- 3) На рисунке 35 приводится зависимость отношения амплитуд спектральных компонент для двух частот модуляции, а на рисунке 36 зависимость частотного интервала уже для трёх частот. Стоит пояснить это различие.

Однако указанные недостатки не снижают общей высокой оценки уровня работы и значения представленных в диссертации результатов. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Материалы диссертации докладывались на многочисленных конференциях и опубликованы в ведущих журналах по оптике и лазерной физике. Автореферат и публикации по теме диссертации полностью отражают ее содержание.

Заключение

Диссертация К. Н. Савинова «Многочастотное излучение диодного лазера с внешним резонатором для возбуждения КПН резонансов в рубидии-87» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, удовлетворяет критериям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Савинов Константин Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Доцент Высшей школы прикладной физики и космических технологий,
кандидат физико-математических наук
по специальности 01.04.02 –
Теоретическая физика

Баранцев
Константин Анатольевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29
Тел +7 904 334 08 25
e-mail: kostmann@yandex.ru

